

Planten en luchtkwaliteit

Ir. M.H.A. Hoffman

Planten hebben een grote waarde voor het milieu en de levenskwaliteit van mensen. Dit wordt steeds meer erkend. Mensen houden van groen en het is aangetoond dat een groene leefomgeving mensen tot rust brengt en bijdraagt aan een goede gezondheid. Voor een deel hebben deze effecten een psychologische oorzaak. Maar er zijn ook meer tastbare oorzaken. Planten produceren zuurstof en halen kooldioxide (CO₂) uit de atmosfeer. Verder kan groen schadelijke deeltjes uit de lucht wegvangen, zoals fijnstof, stikstof-oxiden en ozon. Het is wel zaak om planten gericht in te zetten. De effectiviteit verschilt per plantensoort. Verder kan te dichte vegetatie langs de weg de concentratie van luchtverontreinigende stoffen juist verhogen. En sommige plantensoorten kunnen een verhoging van de ozonconcentratie veroorzaken. Voor een optimaal effect is kennis van zaken dus essentieel. Planten zijn geen wondermiddel voor het zuiveren van de lucht, maar kunnen zeker een goede bijdrage leveren. Dit artikel geeft handvaten om als kweker en groenvoorziener optimaal te profiteren van de luchtzuiverende werking van groen.



Luchtkwaliteit in Nederland

Wij ademen lucht in dat een mengsel is van dui-zenden stoffen. Sommige hiervan zijn schadelijk voor onze gezondheid, andere niet. De kwaliteit van de lucht hangt af van de concentratie van schadelijke stoffen. De hoeveelheid schadelijke stoffen in de lucht is onlosmakelijk verbonden met industrialisering en bevolkingsdichtheid. De grootste problemen doen zich voor in metropolen zoals Bangkok, Sjanghai, New Delhi en Cairo. Voor een dicht bevolkt gebied is de luchtkwaliteit in Nederland redelijk goed. De laatste jaren is deze ook behoorlijk verbeterd, onder andere vanwege het gevoerde beleid. Toch voldoet het nog niet overal aan de Europese normen (o.a. voor fijnstof en stikstofdioxide).

Daarnaast is er ook binnenshuis een eigen lucht-samenstelling. Voor een deel komt deze overeen met de buitenlucht, maar wat betreft schadelijke

stoffen zijn er vaak extra deeltjes uit bijvoorbeeld verf, lijmen, printers, etc.

De belangrijkste schadelijke stoffen

Fijnstof (of PM₁₀) is een verzamelnaam voor allerlei kleine deeltjes in de lucht: van zandkorrels en roetdeeltjes tot stukjes afgesleten autoband of wegdek. Fijnstof kan ook ontstaan door reacties tussen verschillende gassen in de lucht. PM staat voor “particulate matter” (de Engelse naam voor fijnstof) en het getal geeft de diameter van de stofdeeltjes aan. PM₁₀ zijn deeltjes met een doorsnede van 10 micrometer (een duizendste millimeter). De nog kleinere deeltjes worden aangeduid als PM_{2,5} of PM_{0,1} (ultrafijnstof).

Stikstofoxiden (NO_x) is een verzamelnaam voor (tweedelige) verbindingen tussen zuurstof en stikstof. De bekendste twee zijn stikstofdioxide (NO₂) en stikstofmonoxide (NO) en



30. De grootste problemen met luchtkwaliteit doen zich voor in metropolen zoals Bangkok.



31. Groen brengt mensen tot rust.

een iets minder bekende is distikstofoxide of lachgas (N_2O). In de lucht wordt NO samen met zuurstof omgezet in NO_2 . Hoewel NO het meest gevormd wordt, zal in de lucht dus vooral NO_2 voorkomen.

Ozon (O_3) is bij standaardtemperatuur en -druk een blauw gas. Ozon is erg bijtend en giftig en het heeft een doordringende geur. De stof is erg instabiel en reageert gemakkelijk met veel andere stoffen. Ozon ontstaat van nature hoog in de atmosfeer uit zuurstof onder invloed van elektrische ontladingen (zoals tijdens onweer) en door ultraviolette straling. Op deze hoogte is ozon een zeer gewenst gas, omdat het daar de schadelijke ultraviolette straling van de zon tegenhoudt (de ozonlaag). Op leefniveau is ozon schadelijk voor mens, dier en plant.

Vluchtige Organische Stoffen (VOS) is een verzameling van koolwaterstofverbindingen die, zoals de naam al suggereert, gemakkelijk verdampen. Ze komen vrij bij verdamping van aardolieproducten en andere organische stoffen en bij onvolledige verbranding. Voorbeelden zijn benzine, verf, oplos- en schoonmaakmiddelen, boenwas, cosmetica en nagellakremover. Belangrijke bronnen van VOS zijn de aardolie-industrie, benzinestations, metaalindustrie, verkeer, schildersbedrijven en huishoudens. In veel gevallen wordt de uitstoot door menselijke activiteiten veroorzaakt, vooral door het verkeer en de chemische industrie. Vluchtige organische stoffen kunnen echter ook van natuurlijke bronnen afkomstig zijn. Verschillende soorten planten geven dergelijke verbindingen af, bijvoorbeeld in de vorm van harsen, etherische oliën en geurstoffen.

Vluchtige organische stoffen spelen een belangrijke rol bij de vorming van ozon op leefniveau. Bij zonnig en windstil weer leidt dit tot smog. Voorbeelden van VOS zijn benzeen en formaldehyde.

Kooldioxide (CO_2) is op zich geen schadelijke stof, maar te hoge concentraties zorgen voor het z.g. broeikas effect. CO_2 komt vrij bij verbranding van organische stoffen zoals hout en olieproducten. Daarnaast komt CO_2 natuurlijk vrij als stofwisselingsproduct bij de uitademing van mens en dier. Vooral vanwege de verbranding van aardolieproducten neemt de concentratie van CO_2 in de atmosfeer gestaag toe. De opwarming van de aarde wordt voor een groot deel aan deze component toegeschreven.



Weergave van een menselijk haar, zandkorrel en fijnstof (PM_{10}) en ultrafijnstof ($\text{PM}_{2.5}$) (Bron: www.epa.gov/ord/ca/)

Verbeteren van luchtkwaliteit

Een goede luchtkwaliteit is van groot belang voor mens en ecosystemen. Wereldwijd wordt er veel moeite gedaan om de luchtkwaliteit te verbeteren, wat in veel landen ook al een merkbaar effect heeft. Veruit de beste manier is om de uitstoot van schadelijke stoffen zoveel mogelijk tegen te gaan. Bijvoorbeeld door gebruik van schonere brandstoffen of het plaatsen van filters. Maar voor een goede economische ontwikkeling is enige uitstoot onvermijdelijk.

Daarom wordt op verschillende manieren geprobeerd om schadelijke stoffen uit de lucht te halen. Één van de manieren is om planten in te zetten. Planten kunnen (gasvormige) deeltjes uit de lucht opnemen via bijvoorbeeld de huidmondjes of de waslaag op blad en stengel.



32. Groen kan worden ingezet bij het verbeteren van luchtkwaliteit in de stad.



33. Vervuilde deeltjes kunnen door blad worden opgenomen.

Hoe verwijdert vegetatie luchtverontreinigende stoffen?

De vegetatie kan, afhankelijk van de aard van de stof, op drie verschillende manieren stoffen wegvangen:

Huidmondjes

Allereerst is opname door het blad via de huidmondjes mogelijk. Dit gebeurt bij gasvormige stoffen en is volgens hetzelfde principe als opname van zuurstof en kooldioxide. SO₂, NO_x en O₃ kunnen op deze manier opgenomen en vastgelegd worden. De opname gebeurt alleen tijdens het groeiseizoen als de plant groeit en de huidmondjes openstaan. Verder is de opname overdag groter dan 's nachts, omdat de huidmondjes vooral overdag openstaan, om CO₂ voor de fotosynthese aan te voeren.

Waslaag

Een tweede manier waarop vegetatie schadelijke stoffen wegvangt is door opname in de waslaag (cuticula) van de bladeren. Vooral organische stoffen zoals VOS en PCB's kunnen worden opgenomen door de waslaag. De opname via de cuticula heeft als voordeel dat deze gewoon doorgaat gedurende de nacht, wanneer de huidmondjes gesloten zijn. Bij wintergroene planten gaat de opname zelfs in de wintermaanden gewoon door.

Afzetting op plantendelen

Als derde mogelijkheid is er de afzetting van kleine stofdeeltjes op bladeren en stengels/takken. Deze fijnstofdeeltjes (PM₁₀) kunnen op de vegetatie neerslaan via de zwaartekracht of door de wind. Elektrische lading van het blad en/of een ruw of kleverig bladoppervlak bevordert het wegvangen van fijnstof door de vegetatie. De neergeslagen fijnstofdeeltjes worden door het regenwater weggespoeld of vallen samen met het blad in de herfst af. Op de grond worden de fijnstofdeeltjes afgevoerd naar het rioleringssysteem of oppervlaktewater of ze worden in de bodem gefixeerd.

Wegvangcapaciteit van beplanting

De eerste wetenschappelijke aanwijzingen dat planten in staat zijn om schadelijke stoffen uit de lucht te filteren, kwamen in de zeventiger en tachtiger jaren door de ontwikkelingen in de ruimtevaart. Zo bestudeerde de Amerikaanse onderzoeker Wolverton (1989 voor NASA de effecten van planten in gesloten ruimten. Hij vond dat een ecosysteem van potplanten in staat is rook, vluchtige organische stoffen en ziekmakende micro-organismen uit de lucht te verwijderen.

Ook voor de filterende werking van het groen buitenshuis is inmiddels (beperkt) wetenschappelijk onderzoek gedaan, vooral in Amerika, Japan, Verenigd Koninkrijk, Duitsland en Nederland. Dit heeft inmiddels de nodige kennis opgeleverd, maar de resultaten zijn wisselend. Een deel van de resultaten is veelbelovend, maar er zijn ook kritische geluiden.

Bomen en heesters meest effectief

Op de eerste plaats speelt het type vegetatie een grote rol. Een bos heeft duidelijk een andere invloed dan een grasland of gazon. Bomen zijn door hun afmetingen het meest effectief wat betreft het wegvangen van luchtverontreinigen-

de stoffen zoals fijnstof en NO_x, gevolgd door heesters en (semi)natuurlijke vegetaties. Een bos vangt gemiddeld zo'n tien keer zoveel fijnstof weg als lage vegetatie in het open veld ^(Kaasik et al., 2004). Volgens Tonneijck & Blom-Zandstra (2002) is dit, afhankelijk van de boomsoort en de opbouw van de beplantingen, ongeveer twee tot zestien keer zoveel. Het grotere effect van bomen is goed verklaarbaar, immers een boom heeft veel meer volume en bladoppervlak (en daarmee filterend vermogen) dan een lage vegetatie zoals gras. In grote lijnen geldt dus, hoe meer volume, hoe meer filterend vermogen.

Voor het wegvangen van bijvoorbeeld fijnstof en stikstofoxiden geldt dat alle beplantingen wel enig effect hebben. Voor de vastlegging van kooldioxide geldt dat vooral houtige gewassen een netto-effect op jaarbasis. Bij kruidachtige gewassen komt aan het eind van jaar de vastgelegde CO₂ gewoonlijk immers weer vrij als de plant afsterft en vergaat. Dit geldt ook voor het blad van loofverliezende bomen en struiken. Alleen de CO₂ in het overblijvende (houtige) deel van bomen en struiken is daarom relevant als het gaat om CO₂-vastlegging.

Planteigenschappen van belang

In relatie tot de wegvangcapaciteit spelen ook algemene planteigenschappen een rol. Bepaalde



34. Beschaduwung van parkeerplaatsen zorgt voor minder verdamping van VOS.



35. Loofhoutsoorten met grote gladde bladeren zijn effectief voor wegvangen van stikstofoxiden.



36. Naaldbomen zijn effectief voor wegvangen van fijnstof.

structuren en eigenschappen van planten zijn bijvoorbeeld gunstig voor het wegvangen van bepaalde luchtverontreinigende stoffen. Voor wat betreft het wegvangen van fijnstof geldt in grote lijnen dat naaldbomen vanwege de fijne naaldstructuur en vanwege het grote oppervlak effectiever zijn dan loofbomen. Dit wordt nog versterkt doordat de meeste naaldbomen het hele jaar groen zijn en daarmee ook in de winter effectief zijn. Van de loofbomen kunnen soorten met kleine, ruwe, harige bladeren het meeste fijnstof wegvangen. Het fijnstof blijft daaraan gemakkelijker hangen.

Ook voor het wegvangen van stikstofoxiden door planten gelden enkele algemeenheden: Loofbomen zijn vanwege de bladstructuur effectiever in het verwijderen van stikstofoxiden dan naaldbomen. Binnen de categorie van loofbomen zijn bomen met gladde, grote en platte bladeren (=veel huidmondjes) effectiever dan die met kleine, ruwe en/of behaarde bladeren. Vooral veel vlinderbloemigen (bv. *Robinia*, *Sophora* en *Gleditsia*) en wilgachtigen (*Populus* en *Salix*) zijn goede luchtzuiveraars van NO_2 (Takahashi et al, 2005).

Voor het wegvangen van Vluchtige organische stoffen geldt dat planten met een dikke cuticula het meest effectief zijn. Ook beschaduwing op parkeerplaatsen kan de emissie van VOS reduceren. Geparkeerde auto's verdampen VOS uit brandstoftanks, vooral in de volle zon. Door aanplant van grote bomen of struiken voor beschaduwing wordt de VOS emissie verminderd.

Welke soorten zijn het meest effectief?

Onderzoek naar de concrete wegvangcapaciteit van specifieke plantensoorten is zeer beperkt. Één van de meest uitgebreide studies op het gebied van opname van stikstofoxiden is uitgevoerd door Takahashi et al (2005). In deze studie is opname en assimilatie van NO_2 aan 70 verschillende boomsoorten gemeten. Hierbij werd gevonden dat er grote verschillen zijn tussen de soorten en dat ook de concentratie NO_2 een grote rol speelt; sommige soorten zijn gevoelig voor het giftige NO_2 , waardoor de opnamecapaciteit en assimilatie vermindert bij een te hoge concentratie. *Robinia pseudoacacia*, *Sophora japonica*, *Populus nigra* en *Prunus serrulata* (var. *lannesiana*) kwamen als beste uit de bus. Dit zijn van de 70 gemeten soorten de beste luchtzuiveraars wat betreft stikstofoxiden. Veel coniferen daarentegen, zoals *Cryptomeria japonica*, *Juniperus chinensis* en *Chamaecyparis obtusa* namen maar heel weinig NO_2 op.

Voor wat betreft fijnstof zijn de bevindingen

dat de soortkeuze van grote invloed is. Door Beckett et al. (2000) werd aangetoond dat *Pinus nigra* veel effectiever is in het wegvangen van fijnstof dan *Populus trichocarpa* × *deltoides* en *Acer campestre*. Hier kan wel een factor 10-50 verschil in zitten.

Uit het onderzoek van Adrizal et al. (2008) kwam naar voren dat *Picea* beduidend meer fijnstof wegvangt dan *Populus* en *Salix purpurea*.

Hoeveel wordt weggevangen?

Het gemakkelijkst te bepalen is de hoeveelheid kooldioxide die wordt vastgelegd. Dit is namelijk te bepalen aan de hand van de biomassa. Daarbij is alleen de biomassa van het hout bepalend voor de langdurig vastgelegde hoeveelheid kooldioxide. De andere delen verteren immers weer op korte termijn, waarbij het vastgelegde CO₂ weer vrijkomt.

De kennis over de concrete wegvangcapaciteit voor bijvoorbeeld fijnstof, stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen van specifieke plantensoorten en de cijfers over het exacte effect daarvan op de concentraties in de lucht zijn echter nog zeer beperkt. Ten opzichte van het grote beschikbare sortiment, is slechts van een zeer beperkt aantal soorten de concrete wegvangcapaciteit gemeten.

In Amerikaans onderzoek van McPherson et al. (1994) wordt gerapporteerd dat een gemiddelde stadsboom (stamdiameter 31-46 cm) ongeveer 140 gram fijnstof per jaar wegvangt, bij grote bomen (> 77 cm stamdiameter) loopt dit volgens de auteurs op tot bijna 500 gram per jaar.

Uit een onderzoek in Estland van Kaasik et al., (2004) bleek dat individuele bomen tussen de 0,025 en 1,4 kg fijnstof per jaar uit de lucht haalden, afhankelijk van de diameter van de boom. Uitgaande van volwassen bomen, waarvan er ca. 200 per ha in een bos staan is dit 5 tot 280 kilo per ha.

Uit onderzoek van Jun Yang et al. (2005) blijkt dat een gemiddelde stadsboom in Beijing zo'n

300 gram PM₁₀ per jaar wegvangt. Per ha bos is dit 60 kg.

Nowak et al (2006) hebben het verwijderen uit de lucht van vervuilende deeltjes door het groen diverse Amerikaanse steden gekwantificeerd. Hieruit kwam naar voren dat bomen en struiken in het stedelijk groen op jaarbasis 6,2 tot 23,1 gram vervuilende deeltjes (Ozon, NO₂, PM₁₀, SO₂ en CO) per m² wegvangen. Gemiddeld is dit 10,8 gram per m² oftewel 108 kg per ha. Van fijnstof (PM₁₀) is dit per jaar 1,1 tot 8,0 gram per m², oftewel 11 tot 80 kg per ha. Voor een flinke boom met een kroondiameter van ca. 10 m. komt dit neer op 85 tot 630 gram per jaar. Voor NO₂ is dit per jaar 0,5 tot 6,3 gram per m², oftewel 5-63 kg per ha. De weggevangen hoeveelheid hangt onder andere af van de concentratie, het weer en de groeiomstandigheden, en van de plantensoort.

In een Nederlands onderzoek van Oosterbaan et al. (2006) is voor een loofbos van 6,77 ha berekend dat dit 246,7 kg fijnstof wegvangt, oftewel 36,4 kg per ha.

Houben et al (2006) gaan uit van een gemiddelde van 20 kg per ha per jaar tot een maximum bij volwassen bomen onder ideale omstandigheden van 300 kg per ha per jaar.

In onderstaande tabel zijn de verschillende in de literatuur genoemde cijfers voor de wegvangcapaciteit van bos nog eens naast elkaar gezet.

Wat betreft fijnstof komt uit onderzoek van Langner (2006) naar voren dat vegetatie vooral de grotere deeltjes (PM₁₂ - PM₉₆) wegvangt. De wegvangcapaciteit van kleine deeltjes (PM₃ - PM₁₂) is veel geringer.

Vermindering grootschalige achtergrondconcentratie lijkt beperkt

Benadrukt moet worden dat bovenstaande getallen niets zeggen over het verminderen van de grootschalige achtergrondconcentraties (regionale bescherming) van fijnstof en stikstofoxiden omdat die afhankelijk is van veel meer facto-

Tabel 1
Wegvangcapaciteit bos per ha op jaarbasis

| Schadelijke stof | PM ₁₀ (kg per ha per jaar) | NO ₂ (kg per ha per jaar) |
|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Nowak (2006) | 11 tot 80 | 5 tot 63 |
| Oosterbaan et al (2006) | 36,4 | |
| Kaasik et al. (2004) | 5 tot 280 | |
| Jun Yang (2005) | 60 | |
| Houben (2006) | 20 - 300 | |



37. Nederlands onderzoek in kader van Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL).

ren (aanvoer, luchtcirculatie, lokale productie, etc) en de weggevangen hoeveelheden t.o.v. de totale hoeveelheid in de gehele atmosfeer beperkt zijn.

In een Engelse studie uitgevoerd door Bealey et al. (2007) wordt geconcludeerd dat concentratieafnames van fijnstof in de orde van 2,5-7% mogelijk moeten zijn, indien 25% van de in principe beplantbare beschikbare ruimte opgevuld wordt met groen. In een vergelijkbare studie van McDonald et al. (2007), door deels dezelfde onderzoeksgroep, zijn detailberekeningen voor het gebied de 'West Midlands' en voor de stad Glasgow verricht. De berekende effecten op de totale PM_{10} -concentraties, indien 25% van de beschikbare beplantbare ruimte met bomen wordt gevuld, zijn respectievelijk 3% en 0,4%. Door Wesseling et al. (2008) is op basis van de beschikbare literatuur geschat dat in het stedelijke gebied het effect van groen op de groot-schalige concentraties van NO_2 en PM_{10} beperkt, gemiddeld minder dan 1%. Door het opvullen van beschikbare plantbare ruimte met groen kan het effect op de luchtkwaliteit wel iets worden vergroot.

Nederlands onderzoek in kader van IPL

In het kader van het Innovatie Programma Luchtkwaliteit (IPL) zijn twee onderzoeken uitgevoerd die de invloed van vegetatie op luchtkwaliteit hebben onderzocht. Het ene is in 2006 uitgevoerd in Vaassen en het andere was een proef in Valburg in 2009.

Op grond van beide proeven wordt door Kraai et al (2009) het volgende geconcludeerd: *Alle onderzoeken wijzen in de richting van een licht positief effect van vegetatie op de luchtkwaliteit op grotere afstand van de weg, ruwweg vanaf 50 meter van de rand van de weg, maar de onderzoeken hebben dit effect niet statistisch significant kunnen aantonen. Op kleinere afstand is doorgaans sprake van een verslechtering van de luchtkwaliteit. Vanaf een afstand groter dan 100 meter van de wegrand wordt het effect van vegetatie weer veel kleiner. De invloed van naaldbomen blijkt sterker dan die van loofbomen. Loofbomen hebben ook als nadeel dat in de winter de hoeveelheid blad sterk afneemt en de porositeit toeneemt, hetgeen de positieve effecten op luchtkwaliteit doet afnemen.*

De wettelijke toetsafstand vanaf de wegrand (10 m) is bepalend. Dus op korte afstand van de weg moet er een effect zijn om een maatregel in te zetten ter verbetering van de luchtkwaliteit.

Tabel 2:

Voorbeelden van VOS emissie van diverse boomsoorten (uit Owen et al. (2003))

| Boomsoort | Emissie Isoprenen ($\mu\text{g} / \text{gds} / \text{uur}$) | Emissie Monoterpenen ($\mu\text{g} / \text{gds} / \text{uur}$) |
|----------------------------|--|---|
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 3,90 | 0,00 |
| <i>Betula pendula</i> | 0,05 | 2,63 |
| <i>Fraxinus excelsior</i> | 0,00 | 0,00 |
| <i>Populus nigra</i> | 52,50 | 2,30 |
| <i>Salix alba</i> | 22,70 | 1,00 |
| <i>Tilia spp.</i> | 5,50 | 0,00 |

De getallen zijn gegeven in μgram VOS per gram droge stof per uur onder optimale groeiomstandigheden.

Onder andere op basis van dit rapport wordt niet het advies gegeven om vegetatiestroken langs snelwegen aan te leggen.

Dit Nederlandse onderzoek heeft zich dus gericht op de effecten van groen op lokaal niveau. Dit heeft een bijdrage geleverd aan de beleidsbepaling van de Nederlandse overheid voor het al dan niet aanplanten van groen langs de snelwegen. Er zijn concentraties van fijnstof en stikstofoxiden gemeten op verschillende afstanden van de vegetatie. Er is niet gemeten hoeveel vervuilende stoffen door de vegetatie worden weggevangen.



38. Sommige soorten zoals Populieren produceren zelf veel VOS.

Bijdrage van vegetatie aan de vorming van ozon en VOS

In voorgaande is er steeds vanuit gegaan dat planten luchtverontreinigende stoffen wegvangen. Planten scheiden echter in meer of mindere mate vluchtige organische stoffen (VOS) af, vooral bij droog en warm weer. Door reactie van VOS met NO_x kan ozon worden gevormd. Dus hoe meer VOS een plant afgeeft, hoe meer ozon er wordt gevormd (op leefniveau). De hoeveelheid vluchtige organische stoffen die wordt afgegeven is erg soortafhankelijk. Sommige bomen of struiken geven maar heel weinig VOS af, terwijl andere soorten heel veel afgeven. Door Kesselmeier & Staudt (1999) is een overzichtslijst gepubliceerd waarin van vele soorten de emissie van vluchtige organische stoffen wordt weergegeven. Ook door Owen et al. (2003) wordt van een aantal soorten de emissie van VOS gegeven. Boomsoorten die erg veel VOS produceren zijn bijvoorbeeld *Eucalyptus*, *Liquidambar styraciflua*, *Nyssa*, *Platanus* en diverse soorten van *Populus*, *Quercus*, *Robinia* en *Salix*. Deze soorten kunnen dus aanleiding geven tot een stijging van de ozonniveaus. Hoewel deze soorten ook ozon absorberen, is het netto effect in theorie een stijging van de ozonniveaus. Een bruikbare wetenschappelijke kwantificering hiervan is echter in de literatuur niet gevonden. Grootschalige aanplant van veel VOS-producerende soorten wordt echter afgeraden indien verlaging van ozonconcentraties gewenst is. In onderstaande tabel worden enkele voorbeelden van concrete cijfers gegeven.



39. Luchtzuiverende werking meest optimaal bij abrupte overgang naar bos of hoge vegetatie.

Leeftijd, structuur en locatie van de beplanting

Leeftijd en variatie

Naarmate een bos of beplanting ouder wordt, neemt de hoeveelheid biomassa toe, waardoor er meer luchtverontreinigende stoffen weggevangen kunnen worden. Oude bomen en bossen vangen dus meer luchtverontreinigende stoffen weg dan jonge bomen en bossen. Ook zal in veel gevallen met de leeftijd de ruwheid van het kronendak of de vegetatie groter worden. Dit wordt veroorzaakt door het toenemende verschil in boom- en struikhoogtes en het ontstaan van open plekken in het bos of de vegetatie, door het omwaaien of afsterven van bomen of door menselijke ingrepen. Een grotere ruwheid zal leiden tot meer turbulentie en daardoor tot een hogere afzetting of opname. Ook een warrige takstructuur werkt daarbij positief.

Conclusie: de luchtzuivering is effectiever naarmate de vegetatie en/of het kronendak onregelmatiger en meer volwassen is.

De rand van de beplanting

Het blijkt dat bos- of beplantingsranden werken als een filter voor door de wind verplaatste deeltjes en dat de concentratie van fijnstof in de randen significant hoger is dan midden in het bos (Weathers et al., 2001). De aard van de bosrand of van de vegetatie heeft grote invloed op de luchtstroom. Dit heeft vervolgens weer effect op de effectiviteit van de filtering van vervuilende stoffen. Bij een natuurlijke geleidelijk hogere wordende vegetatierand wordt de lucht als het ware over het kronendak heen geleid. Dit is dus niet optimaal voor een goede filterende werking van de beplanting. De filterende werking van de vegetatie is het hoogst als vlak terrein abrupt overgaat in bos of andere hoge beplanting.

De aanwezigheid van een bosrand veroorzaakt, naast de verhoging van afzetting of opname aan de voorzijde van het bos (de windkant), ook een verlagend effect aan de zijzijde van het bos (de luwe kant). De depositie aan de zijzijde van het bos is lager dan in het bos. Die verlaging wordt veroorzaakt door twee processen: de verandering van windturbulentie achter het bos en lagere concentraties van deeltjes door hogere deposities in het bos. De depositie van fijnstof kan zelfs ca. 40% lager zijn aan de zijzijde van een bos dan

in het bos (Bleekers en Draaijers, 2001). De verlaging van de depositie is merkbaar tot op een afstand die gelijk is aan maximaal zeven maal de hoogte van het bos. Als ervan uitgegaan wordt dat een volwassen bos ca. 20 m hoog is, dan is deze verlaging dus merkbaar tot ca. 140 m. Dit kan een belangrijke rol spelen bij de bescherming van achterliggende gebieden tegen luchtvervuiling. Hierbij speelt ook de dichtheid van het bos of de beplanting nog een rol. Bij poreuze bossen of beplantingen (bv. lijnelementen) is er een groter beschermd gebied aan de lijzijde. Bij een dichte beplanting wordt de lucht als het ware tegengehouden en omhooggestuwd en valt achter de hindernis als het ware weer naar beneden als gevolg van onderdruk. Hierdoor is er achter een dichte beplanting veel turbulentie.

Conclusie: een natuurlijke (brede, geleidelijk hoger wordende) bos- of plantsoenrand is niet optimaal. De luchtzuivering is het hoogst als vlak terrein abrupt overgaat in bos of hoge beplanting en de beplantingsrand een open karakter heeft.

Het belang van porositeit

Uit bovenstaande blijkt dat bomen en struiken in een te dichte vegetatie niet of nauwelijks met (vervulde) lucht in aanraking komen. Voor een optimaal filterende werking van de beplanting moet de luchtstroom door de vegetatie heen en niet er overheen. Het contact tussen verontreiniging en bladeren is essentieel voor een effectieve filtering door de beplanting. Bij poreuze groenelementen nemen veel meer bladeren deel aan het zuiveringsproces dan bij dichte elementen. Immers, ook de bladeren binnen in de boomkroon of vegetatie komen dan in contact met de vervuilde lucht en kunnen daar hun zuiverende werk verrichten. Bij te sterk opgekroonde bomen gaat veel van de vervuilde lucht onder de kroon door en wordt niet gezuiverd. Het is dan ook zeer functioneel om onder opgekroonde bomen extra struiken aan te planten die met hun blad verontreiniging uit de lucht halen, waar de stammen van de opgekroonde bomen dit niet of nauwelijks doen. De porositeit van beplanting wordt bepaald door de eigenschappen van de geselecteerde boomsoorten, de aanleg (bijvoorbeeld de afstand tussen individuele bomen) en van het eventuele beheer (oa. opkronen, dunning en aanplant van lege plekken).

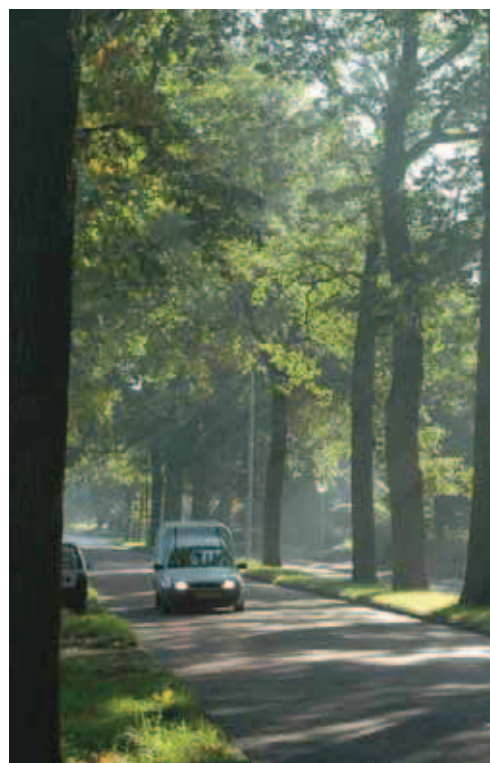
Het belang van een goede porositeit van groenelementen is zeer groot. Porositeit is een veel gehanteerde maat om een idee te krijgen van de hoeveelheid lucht die door het gebladerte heen gaat. Een kruin is poreus indien door het gebla-

derte heen de (blauwe) lucht kan worden waargenomen. Hoe meer blauwe lucht, des te groter is de porositeit. De mate van porositeit kan dus met het blote oog goed worden ingeschat (zg. optische porositeit). Als de porositeit minder is dan 40 tot 50% kan dit de luchtdoorstroming substantieel beperken.

Conclusie: de luchtzuivering is optimaal bij een bepaalde mate van porositeit. Te dichte vegetatie laat onvoldoende lucht door; in het algemeen wordt een porositeit van minimaal 40 % geadviseerd.

Het 'groene tunnel effect'

Indien het groen te dicht bij de luchtvervuilende bron staat en tegelijkertijd niet poreus genoeg is, dan kan het zg. 'groene tunnel effect' optreden. Bomen pal naast de weg filteren wel maar ze dempen ook de windsnelheid. Als gevolg van deze demping van de windsnelheid worden de uitlaatgassen met minder lucht gemengd dan in een situatie zonder bomen. Het netto effect van concentratieverhoging door demping van de windsnelheid en concentratieverlaging door de filtering van groen is vaak een verhoging van de concentraties op de plek waar de boom staat. Voor fijnstof is dit het geval indien de porosi-



40. Door groene tunnel effect kan luchtvervuiling blijven hangen'

teit van de beplanting kleiner is dan 40%. Dit laat onverlet dat het groenelement uiteraard nog steeds deeltjes filtert. Dit effect van stijging van de concentratie als gevolg van de windsnelheidsdemping door bomen wordt ook wel aangeduid met het 'groene tunnel effect'. De verspreiding van vooral de kleinere deeltjes wordt in dit soort situaties dusdanig beperkt dat filtering door groen dit niet kan compenseren. Het 'groene tunnel effect' kan worden voorkomen door te zorgen voor een beplanting met voldoende porositeit (meer dan 40%). Dit is te bereiken door een aanplant van de juiste boomsoorten met voldoende open kruinen of sterk opgaande kruinen, dan wel door gericht beheer (snoeien en dunnen). Het 'groene tunnel effect' treedt alleen op binnen ongeveer 100 meter van de bron wanneer de uitlaatgassen nog niet volledig zijn gemengd met de omgevingslucht. Vooral in smalle straten en in combinatie met hoge bebouwing is er een verhoogde kans op concentratieverhoging van luchtvervuilende stoffen. Maar gelukkig is in het overgrote deel van Nederland is dus van enig tunnel effect geen sprake en als het voorkomt is er met goed beheer zeker wat aan te doen. Overigens is het beplanten van gevels op risicovolle plaatsen een voordeel, omdat dan het 'groene tunnel effect' zeker niet optreedt.

Lijnelementen

Een speciale toepassing van bomen bij de invang van fijnstof kan bijvoorbeeld in de vorm van lijnelementen in het landschap, zoals houtwallen en windsingels. Het onderzoek naar de werking en de effectiviteit van deze lijnelementen heeft zich tot nu toe vooral gericht op de toepassing langs snelwegen of rond stallen. Lijnelementen zijn dan ook bij uitstek geschikt om aangrenzende gebieden, zoals bebouwing of natuurgebieden, tegen piekconcentraties te beschermen. Achter de bomenrij (de leizijde) ontstaat een zone waar de fijnstofconcentratie veel lager is. De totale concentratie van fijnstof in de lucht wordt weinig beïnvloed (minder dan 1%). Voor dit doel zijn grote vlakvormige elementen zoals bossen vanwege het grotere volume meer geschikt. Een groter effect van lijnelementen zou kunnen worden bereikt door een aantal lijnelementen achter elkaar te plaatsen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen op afstanden van 150-200 meter van elkaar (Hiemstra et al., 2008).

Bij de toepassing van lijnelementen speelt een aantal factoren een belangrijke rol, zoals hoogte, afstand tot de bron, openheid en soortensamenstelling (Tonneijck & Blom-Zandstra, 2002). De hoogte bepaalt de lengte van het gebied achter het element waar

een daling van de fijnstofconcentratie is waar te nemen. De lengte van dit gebied is vijf tot zeven maal de hoogte van het element (Wesseling et al., 2002 & Becket et al., 1998). Daarbij moet het element niet te dicht bij de bron staan om het 'groene tunnel effect' te voorkomen.

Om er voor te zorgen dat in een bepaald gebied of boven een te beschermen object een lage concentratie ontstaat, moet de bomenrij ver van de bron en dicht bij dat gebied of object staan (binnen een afstand van vijf tot zeven maal de hoogte van de bomenrij).

Zoals in hiervoor al genoemd speelt ook de dichtheid van de beplanting nog een rol. Bij poreuze beplantingen zoals open lijnelementen is er een groter windstil en beschermd gebied aan de lijzijde dan bij dichte vlakbeplantingen. Dit kan oplopen tot zo'n 15 tot 20 maal de hoogte van de bomenrij (Hiemstra et al., 2008). Door dergelijke elementen te herhalen kan het gebied worden uitgebreid.

Locatie

Bossen en plantsoenen kunnen op verschillende plaatsen als filter van vervuilende stoffen werken: bijvoorbeeld bij de bron (industrieën, verkeerswegen) en bij de ontvanger (de mens, een natuurgebied). Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat door plaatsing van een bos of plantsoen dicht bij de vervuilende bron relatief de grootste hoeveelheid fijnstof kan worden ingevangen (Wesseling et al., 2004). Hierdoor kunnen piekconcentraties verminderd worden. De invang is optimaal als de beplanting toegepast wordt in alle windrichtingen rondom de bron.

In het algemeen geldt dat beplantingen niet direct grenzend aan de bron geplaatst moeten worden (zie ook het 'groene tunneleffect'). Voor een optimale invang moeten de vervuilende stoffen zoals fijnstof zich eerst voldoende kunnen mengen met de lucht. Als de beplanting te dicht bij de bron geplaatst wordt, dan kan de fijnstofconcentratie binnen de beplanting en aan de lijzijde ervan juist hoger worden dan de uitgangskoncentratie. Dit komt doordat de luchtstroom dan met lage snelheid direct door de beplanting heen gaat, in plaats van dat deze zich eerst mengt met schonere lucht en genoeg snelheid krijgt om over de bosrand heen te stromen (Wesseling et al., 2004).

Bossen of andere beplanting die niet direct bij de bron staan, zijn zinvol als extra filter, maar ook om de achtergrondconcentratie van vervuilende stoffen omlaag te brengen. Daarom is een bos of beplanting verder van de bron af nuttig als extra filter. Bossen zijn vanwege hun omvang en locatie goede 'sinks' voor luchtvervuilende

stoffen. Bij aanleg van bossen speelt doorgaans het 'groen tunneleffect' geen rol, met uitzondering van bossen die heel dicht bij (snel)wegen worden aangelegd.

Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen lokale en regionale bescherming van de ontvanger. Met lokale bescherming wordt het beschermen van een object direct achter een bos of beplanting bedoeld. Vooral tot zeven maal de boomhoogte achter de beplanting (in de richting van de heersende wind) zal bijvoorbeeld de fijnstofdepositie aanmerkelijk lager zijn (Bleekers & Draaijers, 2001). Het doel van regionale bescherming is om een algemene verbetering van de luchtkwaliteit te bereiken door het verlagen van de achtergrondconcentratie van fijnstof. In principe fungeert iedere beplanting op iedere plek als regionaal filter van vervuilende stoffen. Als er geen lokale bron aanwezig is, zullen vooral in op de heersende windrichting (in Nederland: het zuidwesten) geëxposeerde bosranden sterk verhoogde deposities van fijnstof plaatsvinden (Bleekers & Draaijers, 2001). Verder geldt dat meerdere bosjes met daartussen open stukken effectiever zijn dan één groot bos. Maar zoals al eerder vermeld lijkt het effect van vegetatie ter vermindering van grootschalige achtergrondconcentratie vervuilende stoffen beperkt te zijn.

Soortkeuze

De juiste plant op de juiste plaats

In Nederland is een groot sortiment verkrijgbaar voor het inrichten van de groene ruimte en voor aanplant van bossen. Uiteraard zijn er grote verschillen in eigenschappen van deze planten. De ene soort is effectiever in het wegvangen van fijnstof of stikstofoxiden dan de andere. Voor de aanleg van een goed functionerende beplanting is de juiste sortimentskeuze daarom essentieel. Daarbij moet het principe "de juiste plant op de juiste plaats" centraal staan. Alleen planten die aangepast zijn aan de plaatselijke omstandigheden zullen aan de verwachtingen kunnen voldoen. Planten die op een onjuiste wijze of op een voor hun ongeschikte locatie worden toegepast zullen minder goed groeien en eerder ziek worden. Hierdoor zullen ze ook minder functioneel zijn bij het afvangen van fijnstof en andere schadelijke deeltjes. Bovendien zullen dergelijke beplantingen meer onderhoud vergen.

Inschatting van de effectiviteit per soort

Zoals eerder vermeld zijn er slechts van een zeer beperkt aantal soorten concrete gegevens

bekend wat betreft wegvangcapaciteit van de verschillende luchtverontreinigende stoffen. In publicaties van Hiemstra et al., 2008 en Hoffman en Hiemstra (2008) is de invangcapaciteit van PM10 en NOX van de belangrijkste bomen en struiken voorspeld op basis van blad- en takstructuren. In dit rapport in Dendroflora is dit verder uitgebreid. Met nadruk wordt erop gewezen dat de beoordeling is gedaan op basis van inschatting met bestaande kennis (*expert judgement*). Het zijn dus wetenschappelijke metingen gedaan en daarvan afgeleide conclusies. De volgende criteria zijn in de beoordeling betrokken:

Voor fijnstof

- Naaldbomen zijn vanwege de naaldstructuur effectiever in het verwijderen van fijnstof dan loofbomen.
- Binnen de categorie van loofbomen zijn bomen met ruwe, kleverige en behaarde bladeren effectiever dan die met gladde en platte bladeren.
- Soorten die groenblijvend zijn verwijderen meer fijnstof dan soorten die niet groenblijvend zijn.
- Soorten met een groot volume en een groot bladoppervlak vangen meer fijnstof af dan soorten met een klein volume en klein bladoppervlak. In deze zin zijn bomen dus effectiever dan struiken.
- Planten met kleine bladeren hebben een groter bladoppervlak en betere porositeit en zijn daardoor effectiever dan planten met groot blad.

Voor stikstofoxiden

- Loofbomen zijn vanwege de bladstructuur effectiever in het verwijderen van stikstofoxiden dan naaldbomen.
- Binnen de categorie van loofbomen zijn bomen met gladde, grote en platte bladeren (=veel huidmondjes) effectiever dan die met kleine, ruwe en/of behaarde bladeren.
- Soorten met een groot volume en een groot bladoppervlak vangen meer stikstofoxiden af dan soorten met een klein volume en klein bladoppervlak. In deze zin zijn bomen dus effectiever dan struiken.

Voor ozon en VOS

Het effect dat bomen en struiken hebben op de concentratie van ozon en VOS is erg complex. De ozonconcentratie wordt op verschillende manieren beïnvloed:

- Als gevolg van verdamping van water hebben planten vooral op warme dagen een ver-

koelend effect op de omgeving. Dit tempert de vorming van ozon.

- Bomen en struiken nemen stikstofoxiden op; hoe meer wordt opgenomen door de vegetatie, hoe minder ozon er kan worden gevormd.
- Bomen en struiken kunnen ozon opnemen via de huidmondjes.
- Bomen en struiken kunnen VOS vormen. Hoe meer hiervan wordt gevormd, hoe meer ozon er gevormd kan worden.

Qua effectiviteit loopt de absorptie van ozon parallel aan die van stikstofdioxide omdat de opnameprocessen vergelijkbaar zijn (vnl. via de huidmondjes). In praktijk wordt daarom de opname van ozon vaak in één adem genoemd met de opname van stikstofoxiden. Een exacte relatie en bruikbare kengetallen hiervan zijn helaas niet gevonden.

Planten zelf ook VOS kunnen vormen; de hoeveelheid varieert sterk per soort. Soorten die veel VOS produceren kunnen beter niet in grote aantallen bijeen aangeplant worden om te veel ozonvorming en daarmee zomersmog te voorkomen. Deze soorten worden in de soortentabel met een * aangeduid.

Voor kooldioxide (CO₂)

Alleen houtige gewassen een netto-effect op jaarbasis. Alleen de CO₂ in het overblijvende (houtige) deel van bomen en struiken is daarom relevant als het gaat om CO₂-vastlegging.

Voor het inschatten van de hoeveelheid vastgelegde CO₂ is ervan uitgegaan dat hoe meer volume hout een plant heeft, hoe meer CO₂ is vastgelegd.

Soortentabel Bomen

Verklaring gebruikte tekens:

+ = geringe opname of vastlegging; ++++ is zeer veel opname of vastlegging

De met een * of ** aangeduide bomen produceren veel VOS; deze soorten kunnen beter niet in grote aantallen bijeen aangeplant worden (* = veel; ** is zeer veel)

Hoofdgroep B = Boom; C = Conifeer; H = Heester

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|---|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Abies grandis</i> | B/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Abies procera</i> / <i>veitchii</i> | B/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Acer campestre</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Acer cappadocicum</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Acer freemanii</i> / <i>negundo</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Acer platanoides</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Acer rubrum</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Acer saccharinum</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> / <i>×carnea</i> / <i>flava</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Aesculus pavia</i> | B | + | +++ | +++ |
| <i>Ailanthus altissima</i> | B | + | ++++ | ++++ |
| <i>Alnus spp.</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Amelanchier arborea</i> | B | + | +++ | ++ |
| <i>Araucaria araucana</i> | B/C | +++ | +++ | +++ |
| <i>Betula ermanii</i> / <i>pendula</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Betula nigra</i> / <i>pubescens</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Betula utilis</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Broussonetia papyrifera</i> | B | ++ | ++ | +++ |
| <i>Calocedrus decurrens</i> | B/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Carpinus betulus</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Castanea sativa</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Catalpa spp.</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Cedrus deodara</i> / <i>libanii</i> | B/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Celtis occidentalis</i> | B | ++ | +++ | ++++ |

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|--|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Cercidiphyllum japonicum</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Corylus colurna</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Crataegus laevigata</i> | B/H | ++ | ++ | +++ |
| <i>Crataegus ×lavaleei</i> | B/H | +++ | + | +++ |
| <i>Crataegus ×media</i> | B/H | ++ | + | ++ |
| <i>Crataegus ×persimilis</i> | B/H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Davidia involucrata</i> | B | + | +++ | +++ |
| <i>Fagus sylvatica</i> | B | +++ | +++ | ++++ |
| <i>Fraxinus americana / angustifolia / excelsior</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Fraxinus ornus</i> | B | + | +++ | +++ |
| <i>Fraxinus pennsylvanica</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Ginkgo biloba</i> | B/C | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Gleditsia triacanthos</i> | B | +++ | +++ | ++++ |
| <i>Gymnocladus dioica</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Juglans nigra / regia</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Larix decidua / kaempferi</i> | B/C | +++ | + | ++++ |
| <i>Liquidambar styraciflua *</i> | B | + | ++++ | ++++ |
| <i>Liriodendron tulipifera</i> | B | + | ++++ | ++++ |
| <i>Magnolia acuminata</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Magnolia kobus</i> | B | + | +++ | +++ |
| <i>Malus baccata</i> | B | + | +++ | +++ |
| <i>Malus domestica / toringo / cv's</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Metasequoia glyptostroboides</i> | B/C | +++ | + | ++++ |
| <i>Morus alba / nigra</i> | B | + | ++ | ++ |
| <i>Ostrya carpinifolia</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Paulownia tomentosa</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Phellodendron amurense</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Picea abies / omorika</i> | B/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Picea pungens *</i> | B/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Pinus nigra / strobus</i> | B/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Pinus sylvestris *</i> | B/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Platanus ×hispanica *</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Platanus orientalis *</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Platycladus orientalis *</i> | B/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Populus alba *</i> | B | +++ | ++++ | ++++ |
| <i>Populus basamifera **</i> | B | +++ | ++++ | ++++ |
| <i>Populus ×canadensis *</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Populus ×canescens *</i> | B | +++ | ++++ | ++++ |
| <i>Populus nigra *</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Populus tremula **</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Prunus avium</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Prunus cerasifera</i> | B | ++ | ++++ | +++ |
| <i>Prunus cerasus</i> | B | + | ++++ | ++ |
| <i>Prunus domestica</i> | B | + | ++++ | +++ |
| <i>Prunus pendula / serrula / subhirtella</i> | B | ++ | ++++ | +++ |
| <i>Prunus sargentii</i> | B | + | ++++ | +++ |
| <i>Prunus serrulata</i> | B | + | ++++ | +++ |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> | B/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Pterocarya fraxinifolia</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Pterocarya rhoifolia</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Pyrus calleryana / communis</i> | B | + | +++ | +++ |
| <i>Pyrus salicifolia</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Quercus cerris</i> | B | ++ | +++ | ++++ |

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|---|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Quercus coccinea</i> * | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Quercus frainetto</i> ** | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Quercus palustris</i> * | B | + | ++++ | ++++ |
| <i>Quercus robur</i> ** | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Quercus rubra</i> * | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> * | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Salix alba</i> * | B | +++ | +++ | ++++ |
| <i>Salix babylonica</i> ** | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Salix ×sepulcralis</i> * | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Sequoia sempervirens</i> | B/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Sequoiadendron giganteum</i> | B/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Sophora japonica</i> | B | +++ | ++++ | ++++ |
| <i>Sorbus aria</i> / <i>hybrida</i> / <i>latifolia</i> | B | ++ | ++ | +++ |
| <i>Sorbus intermedia</i> | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Taxodium distichum</i> | B/C | +++ | + | ++++ |
| <i>Tilia americana</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Tilia cordata</i> / <i>×europaea</i> / <i>platyphyllos</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Tilia tomentosa</i> | B | +++ | +++ | ++++ |
| <i>Ulmus</i> cv's | B | ++ | +++ | +++ |
| <i>Ulmus glabra</i> / <i>×hollandica</i> | B | ++ | +++ | ++++ |
| <i>Ulmus laevis</i> / <i>pumila</i> | B | +++ | +++ | ++++ |
| <i>Ulmus minor</i> | B | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Ulmus parvifolia</i> | B | ++ | ++ | +++ |
| <i>Zelkova carpinifolia</i> / <i>serrata</i> | B | ++ | +++ | +++ |

Soortentabel Heesters en klimplanten

Verklaring gebruikte tekens:

+ = geringe opname of vastlegging; ++++ is zeer veel opname of vastlegging

De met een * of ** aangeduide bomen produceren veel VOS; deze soorten kunnen beter niet in grote aantallen bijeen aangeplant worden (* = veel; ** is zeer veel)

Hoofdgroep B = Boom; C = Conifeer; H = Heester

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|---|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Abelia ×grandiflora</i> | H | + | + | + |
| <i>Abies</i> spp. | H/C | ++++ | + | ++++ |
| <i>Acer palmatum</i> / <i>japonicum</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Acer shirasawanum</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Actinidia deliciosa</i> | K | ++ | +++ | +++ |
| <i>Actinidia kolomikta</i> | K | + | ++++ | +++ |
| <i>Aesculus parviflora</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Akebia quinata</i> | K | + | +++ | +++ |
| <i>Amelanchier laevis</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Amelanchier lamarckii</i> / <i>alnifolia</i> / <i>canadensis</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Ampelopsis glandulosa</i> | K | + | +++ | +++ |
| <i>Aralia elata</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Aronia arbutifolia</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Aronia melanocarpa</i> / <i>×prunifolia</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Aucuba japonica</i> | H | + | ++++ | ++ |



41. *Cercis siliquastrum* effectieve verwijderaar van stikstofoxiden en ozon.



42. *×Cupressocyparis leylandii* effectieve verwijderaar van fijnstof.

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|--|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Berberis buxifolia</i> | H | + | + | + |
| <i>Berberis darwinii</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Berberis ×frikartii</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Berberis julianae</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Berberis ×lologensis</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Berberis ×media</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Berberis ×ottawensis</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Berberis ×stenophylla</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Berberis thunbergii</i> / <i>vulgaris</i> / <i>×rubrostilla</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Buddleja davidii</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Buxus microphylla</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Buxus sempervirens</i> | H | +++ | + | ++ |
| <i>Callicarpa bodinieri</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Callicarpa japonica</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Calluna vulgaris</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Calycanthus floridus</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Calycanthus occidentalis</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Camellia japonica</i> / <i>sasanqua</i> / <i>×williamsii</i> | H | ++ | ++++ | +++ |
| <i>Campsis radicans</i> / <i>×tagliabuana</i> | K | ++ | +++ | +++ |
| <i>Caryopteris incana</i> / <i>×clandonensis</i> | H | + | + | + |
| <i>Ceanothus arboreus</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Ceanothus ×delilianus</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Ceanothus impressus</i> | H | +++ | + | ++ |
| <i>Ceanothus ×pallidus</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Ceanothus thyrsiflorus</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Celastrus orbiculatus</i> | K | + | ++++ | +++ |

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|---|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Cephalanthus occidentalis</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Cephalotaxus harringtonii</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Ceratostigma griffithii</i> / <i>willmottianum</i> | H | + | + | + |
| <i>Cercis canadensis</i> | H | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Cercis siliquastrum</i> | H | + | ++++ | ++++ |
| <i>Chaenomeles japonica</i> / <i>×superba</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Chaenomeles speciosa</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> / <i>nootkatensis</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Chamaecyparis obtusa</i> / <i>pisifera</i> | H/C | +++ | + | ++ |
| <i>Chamaecyparis thyoides</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Choisya ternata</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Clematis</i> - Grootbloemige cultivars | K | + | +++ | ++ |
| <i>Clematis alpina</i> / <i>Atragene</i> Groep | K | + | +++ | ++ |
| <i>Clematis montana</i> | K | + | +++ | +++ |
| <i>Clematis Tangutica</i> Groep | K | + | ++ | ++ |
| <i>Clematis vitalba</i> | K | ++ | +++ | +++ |
| <i>Clematis Viticella</i> Groep | K | ++ | + | ++ |
| <i>Clerodendrum trichotomum</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Clethra alnifolia</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Colutea</i> <i>×media</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Cornus alba</i> / <i>sericea</i> / <i>sanguinea</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Cornus alternifolia</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Cornus controversa</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Cornus kousa</i> / <i>florida</i> / <i>nuttallii</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Cornus mas</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Corylopsis</i> spp. | H | + | +++ | ++ |
| <i>Corylus avellana</i> / <i>maxima</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Cotinus coggygria</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Cotoneaster dammeri</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Cotoneaster divaricatus</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Cotoneaster horizontalis</i> / <i>nanshan</i> | H | + | + | + |
| <i>Cotoneaster procumbens</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Cotoneaster radicans</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Cotoneaster salicifolius</i> | H | +++ | +++ | +++ |
| <i>Cotoneaster ×suecicus</i> | H | +++ | + | ++ |
| <i>Cotoneaster ×watereri</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Crataegus monogyna</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Cryptomeria japonica</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>×Cupressocyparis leylandii</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Cupressus</i> spp. | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Cydonia oblonga</i> | H | ++ | ++ | +++ |
| <i>Cytisus scoparius</i> / <i>×praecox</i> * | H | + | + | + |
| <i>Daboecia cantabrica</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Daphne mezereum</i> / <i>×burkwoodii</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Decaisnea fargesii</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Deutzia</i> spp. | H | + | ++ | ++ |
| <i>Diervilla rivularis</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Diervilla sessilifolia</i> / <i>×splendens</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Elaeagnus pungens</i> / <i>×ebbingei</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Enkianthus campanulatus</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Erica arborea</i> * | H | +++ | + | + |
| <i>Erica carnea</i> / <i>×darleyensis</i> / <i>tetralix</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Escallonia laevis</i> | H | ++ | +++ | ++ |

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|--|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Escallonia rubra</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Euonymus alatus</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Euonymus europaeus</i> / <i>hamiltonianus</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Euonymus fortunei</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Euonymus japonicus</i> | H | ++ | +++ | ++ |
| <i>Euonymus phellomanus</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Exochorda racemosa</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Fallopia baldschuanica</i> | K | + | ++++ | ++++ |
| <i>Forsythia</i> × <i>intermedia</i> / <i>suspensa</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Fothergilla gardenii</i> / <i>major</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Frangula alnus</i> (syn. <i>Rhamnus frangula</i>) | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Fuchsia magellanica</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Gaultheria mucronata</i> / <i>procumbens</i> | H | + | + | + |
| <i>Gaultheria shallon</i> | H | ++ | +++ | ++ |
| <i>Genista lydia</i> / <i>pilosa</i> | H | + | + | + |
| <i>Genista tinctoria</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Hamamelis</i> × <i>intermedia</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Hamamelis mollis</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Hebe albicans</i> | H | + | + | + |
| <i>Hebe cupressoides</i> | H | +++ | + | + |
| <i>Hebe ochracea</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Hedera helix</i> Arborescent Groep | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Hedera</i> spp. (klimmend) | K | +++ | +++ | ++++ |
| <i>Hibiscus syriacus</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Hippophae rhamnoides</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Holodiscus discolor</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Hydrangea anomala</i> subsp. <i>petiolaris</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Hydrangea arborescens</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Hydrangea aspera</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Hydrangea heteromalla</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Hydrangea macrophylla</i> | H | + | +++ | + |
| <i>Hydrangea paniculata</i> / <i>quercifolia</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Hydrangea serrata</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Hypericum androsaemum</i> / <i>calycinum</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Hypericum</i> × <i>inodorum</i> | H | + | +++ | + |
| <i>Hypericum kalmianum</i> | H | + | + | + |
| <i>Ilex aquifolium</i> | H | ++ | ++++ | +++ |
| <i>Ilex crenata</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Ilex</i> × <i>meserveae</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Ilex verticillata</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Itea virginica</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Jasminum nudiflorum</i> | K | ++ | ++ | ++ |
| <i>Juniperus</i> spp. | H/C | +++ | + | ++ |
| <i>Kalmia angustifolia</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Kalmia latifolia</i> | H | ++ | +++ | ++ |
| <i>Kerria japonica</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Koeleruteria paniculata</i> | H | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Kolkwitzia amabilis</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Laburnum</i> spp. | H | + | +++ | +++ |
| <i>Lavandula angustifolia</i> / <i>stoechas</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Lepedeza thunbergii</i> | H | + | + | + |
| <i>Leucothoe</i> cv's | H | + | ++ | + |
| <i>Leucothoe fontanesiana</i> | H | + | +++ | + |
| <i>Leycesteria formosa</i> | H | + | ++++ | ++ |

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|---|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Ligustrum japonicum</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Ligustrum ovalifolium</i> | H | ++ | ++++ | +++ |
| <i>Ligustrum sinense</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Ligustrum vulgare</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Lonicera ×brownii</i> / <i>×heckrottii</i> | K | + | +++ | ++ |
| <i>Lonicera fragrantissima</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Lonicera involucrata</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Lonicera japonica</i> | K | + | +++ | ++ |
| <i>Lonicera korolkowii</i> / <i>microphylla</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Lonicera maaackii</i> / <i>tatarica</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Lonicera nitida</i> / <i>pileata</i> | H | +++ | + | ++ |
| <i>Lonicera periclymenum</i> | K | + | +++ | +++ |
| <i>Magnolia grandiflora</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Magnolia ×soulangeana</i> / <i>liliiflora</i> / <i>×loebneri</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Magnolia stellata</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Mahonia aquifolium</i> / <i>×wagneri</i> * | H | + | +++ | ++ |
| <i>Mahonia japonica</i> / <i>×media</i> * | H | + | +++ | ++ |
| <i>Mahonia Repens</i> Groep * | H | + | ++ | + |
| <i>Microbiota decussata</i> | H/C | +++ | + | + |
| <i>Nandina domestica</i> * | H | + | +++ | ++ |
| <i>Nothofagus antarctica</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Osmanthus ×burkwoodii</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Osmanthus heterophyllus</i> | H | ++ | ++++ | +++ |
| <i>Pachysandra terminalis</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Paeonia lutea</i> / <i>suffruticosa</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Parrotia persica</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Parrotiopsis jacquemontiana</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Parthenocissus tricuspidata</i> / <i>quinquefolia</i> | K | + | ++++ | ++++ |
| <i>Perovskia atriplicifolia</i> | H | + | + | + |
| <i>Philadelphus Burfordensis</i> Groep | H | + | +++ | +++ |
| <i>Philadelphus coronarius</i> / <i>inodorus</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Philadelphus Lemoinei</i> Groep / | | | | |
| <i>Purpureo-maculatus</i> Groep | H | + | ++ | ++ |
| <i>Philadelphus pubescens</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Philadelphus Virginalis</i> Groep | H | + | +++ | +++ |
| <i>Photinia</i> spp. | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Physocarpus capitatus</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Physocarpus opulifolius</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Picea glauca</i> * | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Picea likiangensis</i> / <i>sitchensis</i> | H/C | ++++ | ++ | ++++ |
| <i>Pieris japonica</i> | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Pinus cembra</i> | H/C. | ++++ | + | ++++ |
| <i>Pinus contorta</i> / <i>thunbergii</i> | H/C | ++++ | ++ | ++++ |
| <i>Pinus densiflora</i> / <i>heldreichii</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Pinus mugo</i> | H/C | +++ | + | ++ |
| <i>Pinus parviflora</i> / <i>pumila</i> | H/C | ++++ | + | ++ |
| <i>Podocarpus nivalis</i> | H/C | ++ | ++ | ++ |
| <i>Potentilla fruticosa</i> | H | + | + | + |
| <i>Prunus ×eminens</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Prunus incisa</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Prunus laurocerasus</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Prunus lusitanica</i> | H | ++ | ++++ | +++ |
| <i>Prunus padus</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Prunus serotina</i> | H | ++ | +++ | +++ |

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|---|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Prunus spinosa</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Prunus triloba</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Pyracantha</i> spp. | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Rhododendron Campylocarpum</i> Groep | H | + | +++ | ++ |
| <i>Rhododendron Catawbiense</i> Groep | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Rhododendron Caucasicum</i> Groep | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Rhododendron Ghent Azalea</i> Groep | H | + | +++ | ++ |
| <i>Rhododendron Japanse Azalea</i> Groep | H | + | + | + |
| <i>Rhododendron luteum</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Rhododendron Mollis</i> Azalea Groep | H | + | +++ | ++ |
| <i>Rhododendron Occidentalis</i> Azalea Groep | H | + | +++ | ++ |
| <i>Rhododendron ponticum</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Rhododendron Viscosa</i> Azalea Groep | H | + | ++ | ++ |
| <i>Rhododendron Wardii</i> Groep | H | + | +++ | ++ |
| <i>Rhododendron Williamsianum</i> Groep | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Rhododendron Yakushmanum</i> Groep | H | ++ | ++ | ++ |
| <i>Rhus typhina</i> | H | ++ | ++ | +++ |
| <i>Ribes rubrum</i> / <i>nigrum</i> / <i>alpinum</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Ribes sanguineum</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Ribes uva-crispa</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Rosa</i> - heesterrozen (Shrub) | H | + | +++ | ++ |
| <i>Rosa</i> - klimrozen (Climber) | K | + | +++ | ++ |
| <i>Rosa</i> - ramblerozen | K | ++ | +++ | +++ |
| <i>Rosa Floribunda</i> / Hybrid Tea / Polyantha / Miniature | H | + | ++ | + |
| <i>Rosa rubiginosa</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Rosa rugosa</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Rosmarinus officinalis</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Rubus fruticosus</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Rubus idaeus</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Rubus tricolor</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Salix caprea</i> / <i>rubens</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Salix integra</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Sambucus nigra</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Sambucus racemosa</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Santolina chamaecyparissus</i> | H | +++ | + | + |
| <i>Sarcococca hookeriana</i> / <i>confusa</i> | H | + | + | + |
| <i>Sciadopitys verticillata</i> | H/C | ++++ | ++ | ++++ |
| <i>Skimmia japonica</i> | H | + | +++ | + |
| <i>Sorbaria sorbifolia</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | H | ++ | ++++ | ++++ |
| <i>Spiraea</i> × <i>arguta</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Spiraea cinerea</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Spiraea japonica</i> / <i>nipponica</i> / <i>betulifolia</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Spiraea</i> × <i>vanhouttei</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Stachyurus chinensis</i> / <i>praecox</i> | H | + | ++++ | ++ |
| <i>Stephanandra incisa</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Symphoricarpos albus</i> / × <i>doorenbosii</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Symphoricarpos</i> × <i>chenaultii</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Syringa meyeri</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Syringa microphylla</i> / <i>patula</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Syringa vulgaris</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Tamarix</i> spp. | H | ++ | ++ | +++ |
| <i>Taxus</i> spp. | H/C | ++++ | + | +++ |

| Botanische naam | Hoofd groep | PM ₁₀ | NO _x & ozon | CO ₂ |
|--|-------------|------------------|------------------------|-----------------|
| <i>Thuja occidentalis / plicata</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Thujopsis dolabrata</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Tsuga canadensis</i> | H/C | ++++ | + | +++ |
| <i>Ulex europaeus</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Vaccinium corymbosum</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Vaccinium vitis-idaea</i> | H | ++ | + | + |
| <i>Viburnum ×bodnantense</i> | H | + | ++++ | +++ |
| <i>Viburnum ×burkwoodii / carlesii / ×carlcephalum</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Viburnum davidii</i> | H | ++ | +++ | ++ |
| <i>Viburnum farreri</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Viburnum opulus</i> | H | + | +++ | +++ |
| <i>Viburnum plicatum</i> | H | + | ++ | ++ |
| <i>Viburnum rhytidophylloides</i> | H | ++ | +++ | +++ |
| <i>Viburnum rhytidophyllum</i> | H | +++ | +++ | +++ |
| <i>Viburnum tinus</i> | H | ++ | +++ | ++ |
| <i>Vinca major</i> | H | + | +++ | + |
| <i>Vinca minor</i> | H | + | ++ | + |
| <i>Vitex agnus-castus</i> | H | ++ | + | ++ |
| <i>Vitis vinifera / coignetiae</i> | K | + | ++++ | +++ |
| <i>Weigela spp.</i> | H | + | +++ | ++ |
| <i>Wisteria floribunda</i> | K | ++ | +++ | +++ |
| <i>Wisteria sinensis</i> | K | + | +++ | +++ |

Praktische toepassingen

Advisering klanten en beleidsmakers

Het aanplant van bomen en struiken puur en alleen voor milieuvordelen zal weinig gebeuren. Daarvoor lijken de milieuvordelen ook niet groot genoeg. Wel kun je bij het aanleggen, vervangen of onderhouden van beplantingen rekening houden met milieuvordelen die planten kunnen geven. Het is een aantrekkelijke toevoeging die maatschappelijk gezien goed ligt. Kwekers en handelaren kunnen dit gebruiken als verkoopargument en groenvoorzieners hebben een extra argument om beleidsmakers te overtuigen om in groen te investeren. Ook kan het een goed argument zijn voor het aankopen van grote maten in plaats van kleine maten, immers hoe groter de plant hoe meer milieuvoordeel.

Aanleg en onderhoud

Bij het aanleggen van beplanting kun je rekening houden met de soortkeuze. De ene soort vangt bijvoorbeeld meer fijnstof dan de andere. De in dit artikel gepubliceerde tabel is een handig hulpmiddel om de soortkeuze mede te bepalen. Ook voor het onderhouden van beplantingen kan veel worden gedaan om de milieuvordelen te optimaliseren. Denk daarbij vooral aan

goed dunnen voor een optimale porositeit en het voorkomen van het “groene tunnel effect”. Maar ook het creëren van rechte beplantingsranden en het aanleggen van een aantal lijnvormige beplantingstroken kunnen goede maatregelen zijn. Vooral in het hoofdstuk “Leeftijd, structuur en locatie van de beplanting” staat veel handige informatie.

Voor het zuiveren van de lucht in het algemeen wordt aangeraden om in een beplanting verschillende soorten te gebruiken. Een belangrijke reden hiervoor is dat er qua effectiviteit grote verschillen zijn tussen soorten als het gaat om wegvangen van fijnstof en stikstofoxiden.

Kwantificering milieuvordelen

Het komt ook steeds vaker voor dat een gemeente of een kwekerij de milieuvordelen van zijn groen wil kwantificeren. Hoeveel fijnstof en stikstofoxiden worden weggevangen en hoeveel kooldioxide is vastgelegd? Dit compenseert dan weer een bepaald aantal gereden autokilometers of het verbruik van een flink aantal huishoudens. Diverse adviesbureaus en onderzoeksinstituten (waaronder PPO) hebben hiertoe al rekenmethodes ontwikkeld.

Het inzichtelijk maken van dergelijke getallen kunnen bijvoorbeeld helpen om bepaalde



43. Aanleggen van gemengde beplanting is gunstig voor algemene luchtzuiverende werking.

milieudoelstellingen te halen, milieuvervuiling te compenseren of het imago te verbeteren. Zo heeft de stad Philadelphia laten berekenen dat het groen in de stad de luchtkwaliteit verbetert voor omgerekend 1,5 miljoen dollar (the Trust for Public Land, 2008). Voor Chicago is in 1994 al hetzelfde gedaan en daar kwam uit dat het groen in deze stad ongeveer 5575 ton verontreinigende stoffen wegvangt, welke een waarde vertegenwoordigt van 9,2 miljoen dollar (Nowak, 1994). Voor de regio Opheusden is door van der Sluis (2008) berekend dat de laanboomteelt daar jaarlijks 6.000 ton CO₂ vastlegt. De totale CO₂-vastlegging door de laanboomkwekerijen in de regio vertegenwoordigt (in 2008) een waarde van €150.000.

Praktische tips

- Hoe meer groen, hoe meer milieuvoordeel. Dit pleit voor aanplant van veel groen, aanschaf van grote maten en extra zorg voor volwassen beplantingen
- Zorg voor goede groeiomstandigheden en plantzorg. Een vitale beplanting is het meest effectief qua luchtzuivering.
- Zorg bij aanplant van bomen in smalle straten met veel verkeer voor voldoende luchtcirculatie, zodat de uitlaatgassen goed kunnen mengen met schone lucht en het groene tunnel-effect voorkomen wordt.
- Op plekken waar het gevaar voor 'het groene tunnel effect' groot is, kan gevelbeplanting een oplossing zijn.
- Zorg voor een goede porositeit van de beplanting, zodat de vervuilde lucht er goed doorheen kan.
- Plant naaldbomen of loofbomen met ruwe behaarde bladeren voor het wegvangen van fijnstof.
- Plant loofbomen met platte en brede bladeren zijn het meest voor opname van stikstofoxiden en ozon.
- Beperk grootschalige aanplant van bomen die veel vluchtige organische stoffen uitscheiden. Dit ter voorkoming van zomer-smog.
- Plant bomen om geparkeerde auto's te beschaduwten, zodat minder vluchtige organische stoffen verdampen uit de brandstoftanks.

Bronnen

BEALEY W.J., A.G. McDONALD, E. NEMITZ, R. DONOVAN (2007): Estimating the reduction of urban PM10 concentrations by trees within an

environmental information system for planners - Journal of Environmental Management 85, 44-58. BECKETT, K.P., FREER-SMITH, P.H., TAYLOR, G. (2000): Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and windspeed - Global Change Biology 6, 995-1003.

FREER-SMITH, P.H., BECKETT, K.P., TAYLOR, G. (2005): Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* × *trichocarpa* 'Beaupre', *Pinus nigra* and ×*Cupressocypariss leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment - Environmental Pollution 133, 157-167.

HIEMSTRA, J. A., E. SCHOENMAKER & A.E.G. TONNELIJK, & HOFFMAN, M.H.A. (2008): Bomen, een verademing voor de stad - Brochure Plant Publicity Holland

HOFFMAN, M. & J. HIEMSTRA, (2008): Schatting van de effectiviteit van de belangrijkste soorten om de concentraties van fijnstof, stikstofdioxiden en ozon, en enkele groeikmerken - special fijnstof, Boomzorg : vakblad voor boomverzorging en boombeheer in de openbare ruimte(1): 70-73.

HOUBEN, B., JONGBLOED, F., KROON, T., PRINS, M., TERHÜRNE, R. (2006): Bos als fijnstoffilter; een literatuurstudie - Rapport van Geldersch Landschap en Geldersche Kasteelen, Arnhem.

JUN YANG, J., MCBRIDE, J., ZHOU, J., SUN, Z. (2005): The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction - Urban Forestry & Urban Greening 3, 65-78.

KAASIK, M., SOFIEV, M., ALLIKSAAR, T., IVASK, J. (2004): Dry deposition of fly ash depending on boundary-layer stratification and underlying surface roughness: A model validation study - 9th Int. Conf. On Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Garmisch-Partenkirchen, Germany, 1-4 June 2004.

KESSELMEIER, J. & STAUDT (1999): Biogenic Volatile Organic Compounds (VOC): An Overview on Emission, Physiology and Ecology - Journal of Atmospheric Chemistry 33: 23-88, 1999.

LANGNER, M. (2006): Natürliche Filter: Die Filterung von Feinstauben durch Stadtbäume - Das TASPO magazin, 3.

MCDONALD, A.G., BEALEY, W.J., FOWLER, D., DRAGOSITS, U., SKIBA, U., SMITH, R.I., DONOVAN, R.G., BRETT, H.E., HEWITT, C.N., NEMITZ, E. (2007): Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM10 in two UK conurbations - Atmospheric Environment 41: 8455-8467.

MCPHERSON, E.G., NOWAK, D.J., ROWNTREE,

- R.A. (1994): Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago urban forest climate project - Radnor, USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station.
- NOWAK, D.J., CRANE, D.E., STEVENS, J.C. (2006): Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States - Urban Forestry and Urban Greening 4:115-123
- OOSTERBAAN, A., F. TONNEIJCK, ET AL. (2006). Landschapselementen als invangers van fijnstof en ammoniak. Wageningen, Alterra - Invangcapaciteit van bomen (met name naaldbomen) en struiken: de zuiverende werking van vegetatie
- OWEN, S.M., A. R. MACKENZIE, H. STEWART, R. DONOVAN & C. N. HEWITT (2003): Biogenic Volatile Organic Compound (Voc) Emission, Estimates From An Urban Tree Canopy - Ecological Applications, 13(4), p. 927-938
- TAKAHASHI, M., HIGAKI, A., NOHNO, M., KAMADA, M., OKAMURA, Y., MATSUI, K., KITANI, S., MORIKAWA, H. (2005): Differential assimilation of nitrogen dioxide by 70 taxa of roadside trees at an urban pollution level. Chemosphere, vol. 61, 633-639.
- TONNEIJCK A.E.G., BLOM-ZANDSTRA, M. (2002): Landschapselementen ter verbetering van de luchtkwaliteit rond de Ruit van Rotterdam – Een haalbaarheidsstudie. Wageningen, PRI
- WOLVERTON B.C. (1997): How to Grow Fresh Air, 50 Houseplants That Purify Your Home or Office - Penguin Books, USA Edition, ISBN: 0140262431
- WOLVERTON, B.C., JOHNSTON, A., BOUNDS, K. (1989): Interior landscape plants for indoor air pollution abatement - Final Report. NASA. John C, Space Center.

Ir. M.H.A. (Marco) Hoffman

Wetenschappelijk onderzoeker sortiment / taxonomie bij Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (PPO Bomen), Lisse

Summary

Plants have a great value for the environment and the quality of life of people. This is increasingly recognized. People love plants and it has been shown that a green environment makes people relax and contributes to a good health. To some extent, these effects have a psychological cause. But there are also more tangible reasons for this. Plants produce oxygen and absorb carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere. In addition, leaves can catch harmful particles, such as particulate matter, nitrogen oxides and ozone. It is important to use plants selectively with this goal in mind. The effectiveness differs per plant species. In addition, if the vegetation along the roadway creates a dense barrier, the concentration of air pollutants can increase. And even some plant species contribute to an increase of the concentration of ozone by producing it themselves. For an optimum effect knowledge of the facts is therefore essential. Plants are not a panacea for all air pollution problems, but can certainly help. This article gives clues to breeders and landscapers to take full advantage of the purifying effect of plants.